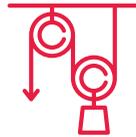




Universidad  
Continental



**Guía de Laboratorio**

# **Fenómenos de transporte**

---

*Guía de Laboratorio*  
*Fenómenos de transporte*  
Elaborada por Roosevelt Cántaro Sotelo

Primera edición digital  
Huancayo, abril de 2017

De esta edición

© Universidad Continental, Oficina de Gestión Curricular  
Av. San Carlos 1795, Huancayo-Perú  
Teléfono: (51 64) 481-430 anexo 7361  
Correo electrónico: recursosucvirtual@continental.edu.pe  
<http://www.continental.edu.pe/>

Versión en PDF, disponible en <http://repositorio.continental.edu.pe/>

#### **Cuidado de edición**

Jullisa Falla Aguirre, Fondo Editorial

#### **Diseño y diagramación**

Yesenia Mandujano, Fondo Editorial

Todos los derechos reservados.  
Cada autor es responsable del contenido de su propio texto.

La *Guía de Laboratorio*, recurso educativo editado por la Oficina de Gestión Curricular, puede ser impresa para fines de estudio.

# Índice

---

<b>Guía de práctica 1.</b> Determinación de la densidad de sólidos y líquidos	<b>4</b>
<b>Guía de práctica 2.</b> Laboratorio de bombas centrífugas	<b>11</b>

## GUÍA DE PRÁCTICA 1

### DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE SÓLIDOS Y LÍQUIDOS

---

Docente: Roosvelth Cántaro Sotelo

Sección: .....

Fecha: ..... / ..... / 2017

Duración: 3 horas

---

#### Instrucciones

Lea cuidadosamente las indicaciones y siga el procedimiento propuesto.

#### 1. Objetivos

- El estudiante determina la densidad de líquidos y sólidos con instrumentos de medición de masa, volumen y densímetros apropiadamente dichos.
- El estudiante interpreta y compara los valores de densidad de una o más sustancias.

#### 2. Fundamento teórico

Cumpliendo con el programa curricular del curso de Fenómenos de Transporte, es necesario conocer las propiedades físicas de los fluidos como, por ejemplo, densidad, viscosidad, temperatura de ebullición, presión de vapor, etc. Por ende, comenzaremos a estudiar la densidad de una sustancia.

##### Densidad

La densidad es una propiedad física que relaciona el grado de interacción entre las moléculas de una sustancia. Está definida como el cociente entre la masa y el volumen de la sustancia tratada.

Durante el proceso de evaluación, para la determinación de la densidad, es necesario conocer la temperatura a la cual se realiza la medición. Esa evaluación anteriormente propuesta es para sustancias homogéneas. Existen sustancias heterogéneas en las que se aplican métodos para la determinación de la densidad promedio utilizando el picnómetro; también se determina dicha densidad mediante la división entre la masa y el volumen del fluido.

**d** = densidad

**m** = masa

**V** = Volumen

### 3. Equipos, materiales y reactivos

#### 3.1. Equipos

Equipo	Característica	Cantidad
Balanza	de precisión de 3 ejes	1
Calibrador pie de rey (vernier)	Lectura digital	1
Equipo de calentamiento		1

#### 3.2. Materiales

Material	Característica	Cantidad
Termómetro de Hg	de 0 a 100 °C	1
Probeta	50 ml	1
Probeta	100 ml	1
Densímetro	de distintos volúmenes	6
Picnómetro	50 ml	1

#### 3.3. Reactivos

Reactivo	Característica	Cantidad
Alcohol etílico	Mezcla alcohol y agua	30 ml
Estaño en granallas	Sólido	
zinc en granallas	Sólido	
Aluminio en granallas	Sólido	
Plomo metálico	Sólido	
Aceite, arena, yogur, mayonesa		

### 4. Indicaciones

Se recomienda utilizar el equipo de protección personal (EPP) (Figura 1).

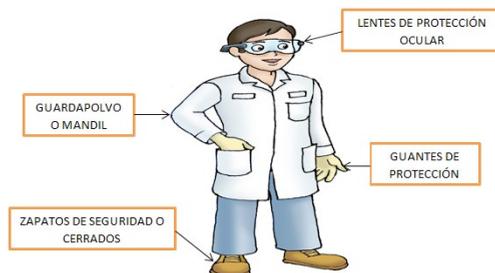


Figura 1. Equipo de protección personal (EPP). Elaboración propia

No está permitido comer, beber, fumar o maquillarse (Figura 2).



**Figura 2.** Instrucciones para la prohibición de alimentos y bebidas dentro del Laboratorio.  
Elaboración propia.

## 5. Predicción o hipótesis

- Determinaremos y realizaremos las comparaciones respectivas de las densidades de las diferentes sustancias, asimismo calcularemos su margen de error en porcentaje.
- Es posible la determinación de diferentes líquidos por diferentes métodos y se obtienen los valores más precisos con el picnómetro y el densímetro.

## 6. Procedimientos

### 6.1. Determinación de la densidad de un líquido con picnómetro

- Lave el picnómetro con agua destilada y séquelo con el calor del mechero de alcohol. Péselo.
- Llene el picnómetro con agua destilada hasta la señal de enrase. Péselo y anote su masa.
- Repetir el procedimiento enrasando con etanol al 96 %, aceite, yogur, agua con arena.

Tomar como referenciales los siguientes valores de densidad promedio, para los cálculos del error porcentual.

### 6.2. Determinación de la densidad de un líquido con probeta

- Pese la probeta sin contenido y anote su masa.
- Agregue agua destilada hasta un volumen referente escogido por usted. Péselo y anote la masa.
- Repita el procedimiento, agregando aceite mineral y etanol al 96 % hasta el mismo volumen que escogió en el paso anterior.

### 6.3. Determinación de la densidad de un líquido con densímetro

- Agregue agua destilada a la probeta entre  $3/4$  a  $4/5$  de su capacidad máxima.
- Coloque el densímetro y verifique que la punta no choque con las paredes de la probeta.
- Luego lea en el vástago del densímetro el valor de la densidad del líquido, además coloque el termómetro en el líquido.
- Repita los procedimientos 1,2 y 3 con los otros líquidos.

### 6.4. Determinación de la densidad de un sólido con la probeta

- Llene la probeta con un determinado volumen (30 ml).
- Pese únicamente el sólido problema (puede ser un trozo de lámina o un puñado de virutas).
- Agregue a la probeta el sólido y apunte la variación de volumen.

## 7. Cálculos (tabla de datos)

### a) Determinación de la densidad de un líquido con picnómetro

Líquido problema	Agua destilada	Aceite	Agua con arena	Jabón líquido	Yogur o mayonesa
Temperatura (medirla en el líquido)					
M1: Masa del picnómetro					
M2: Masa del picnómetro con el líquido					
M: Masa del líquido (M2 – M1)					
V: Volumen del picnómetro					
Densidad del líquido (M/V)					
Error porcentual					

**b) Determinación de la densidad de un líquido con probeta**

Líquido problema	Agua destilada	Aceite	Alcohol al 96 %	Agua con arena	Yogur o mayonesa
Temperatura (medirla en el líquido)					
M1: Masa de la probeta					
M2: Masa de la probeta con el líquido					
M: Masa del líquido (M2 - M1)					
V: Volumen del líquido medido en la probeta					
Densidad del líquido (M/V)					
Error porcentual					

**c) Determinación de la densidad de un líquido con densímetro**

Líquido	Temperatura	Densidad
Agua		
Aceite mineral		
Alcohol etílico de 96 %		

**d) Determinación de la densidad de un sólido con la probeta**

Sólido problema	Zinc	Estaño	Aluminio	Plomo
M1: Masa del sólido problema				
Variación del volumen				

**8. Registro de datos**

Líquido	Agua	Aceite	Alcohol al 96 %
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1	0.8	0.78

Sólido problema	Zinc	Estaño	Aluminio	Plomo
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	7.13	7.30	2.69	11.34

Para el cálculo del error porcentual, tomar como referenciales los valores de densidad promedio.

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{\text{Valor teórico de } D - \text{Valor experimental de } D}{\text{Valor teórico de } D} \right| \cdot 100 \%$$

## 9. Resultados

9.1. ....  
 .....  
 .....

9.2. ....  
 .....  
 .....

9.3. ....  
 .....  
 .....

## 10. Conclusiones

- ¿Notaste que para hallar la densidad de las sustancias hay diversos métodos? ..... ¿Todos tienen la misma confiabilidad? .....
- Si tuviéramos 100 cm<sup>3</sup> de agua, 100 cm<sup>3</sup> de aceite mineral y 100 cm<sup>3</sup> de alcohol etílico. ¿Cuál tendría mayor masa? .....  
 ¿Por qué? .....
- Tenemos 4 dados de 1 cm de arista: uno de zinc, uno de estaño, uno de aluminio y uno de plomo. ¿Cuál de los dados es el que tiene mayor masa? .....  
 ¿Por qué? .....
- Si se quisiera hacer dos adornos de igual masa, uno de 100 gramos de plomo y otro de 100 gramos de aluminio ¿Cuál ocupará más espacio (volumen)?.....  
 ¿Por qué? .....

## 11. Sugerencias y/o recomendaciones

.....  
 .....  
 .....  
 .....

## Referencias bibliográficas

HIMMELBLAU, D. (1986). *Principios básicos y cálculos en ingeniería química*. México D.F. : Prentice-Hall Hispanoamericana S. A.

STREETER, V. L, Wylie, E. B. y Bedford, K.W. (2003). *Mecánica de fluidos*. 9.ª ed. Bogotá: Editorial Mc Graw-Hill.

## GUÍA DE PRÁCTICA 2

### LABORATORIO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

---

Docente: Roosevelt Cántaro Sotelo

Sección: .....

Fecha: ..... / ..... / 2017

Duración: 3 horas

---

#### Instrucciones

Lea cuidadosamente las indicaciones y siga el procedimiento propuesto.

#### 1. Objetivos

- Reconocimiento del sistema de tuberías y de bombas centrífugas.
- Leer los instrumentos de presión en succión y descarga de las bombas.
- Regular la presión y determinar el caudal de las bombas centrífugas.
- Determinar la variación de presión que entrega la bomba centrífuga al fluido.
- Observar todas las variables involucradas en la operación de una bomba centrífuga.
- Determinar el head y la potencia hidráulica de las bombas centrífugas para diferentes caudales.

#### 2. Fundamento teórico

Para la determinación del *head* de una bomba centrífuga, es necesario conocer el funcionamiento y los parámetros de control. Las bombas centrífugas son equipos rotodinámicos que proporcionan energía de presión al fluido para su desplazamiento en un sistema de tuberías. Son actualmente las más utilizados a nivel industrial debido a su bajo costo de operación y mantenimiento, y a que ocupan poco espacio y generan bajos niveles de ruido.

Las bombas centrífugas constan de componentes como, por ejemplo: eje, rodete, álabes, carcasa, voluta, cojinetes, soportes, bancada, acoplamientos, rodamientos, etc. (Figura 3). El componente corazón de una bomba centrífuga es el rodete cuyo diseño dependerá del tipo de fluido a impulsar. Existen 4 tipos de energías en el sistema bomba centrífuga-motor eléctrico:

- Energía eléctrica
- Energía mecánica

- Energía cinética
- Energía de presión

La mayoría de los componentes de la bomba centrífuga cumple una función relacionada con las energías anteriormente mencionadas.

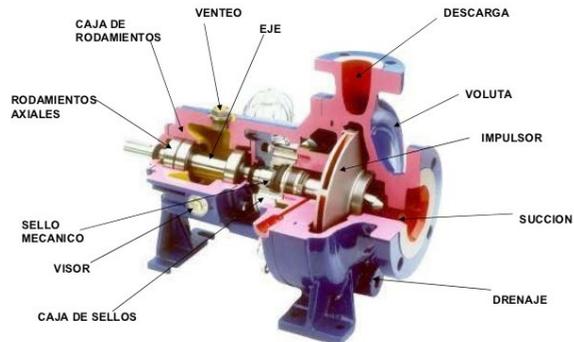


Figura 3. Componentes de una bomba centrífuga.

Fuente: Certificación de Competencias Laborales, Instructor: Carlos Rincón Hernández

### 3. Equipo y materiales

#### 3.1. Equipo

<b>Equipo</b>
Bomba centrífuga

#### 3.2. Materiales

Material	Característica	Cantidad
Winchas		3
Regleta metálica	30 cm	3
Cronómetro		3
Termómetro		3

### 4. Indicaciones

Antes de ingresar al laboratorio se deberá vestir de forma apropiada y llevar el equipo de protección personal (EPP) (Figura 1).

No está permitido comer, beber, fumar o maquillarse (Figura 2).

### 5. Predicción o Hipótesis

- 5.1. Determinaremos el head de las bombas centrifugas para diferentes caudales, interpretando finalmente cómo varía con el aumento del caudal.
- 5.2. Es posible la determinación del caudal para diferentes porcentajes de oberturas de las válvulas de descarga de las bombas centrifugas.

## 6. Procedimientos

- 6.1. Reconocimiento del equipo
- 6.2. Determinación de la variación de presión: Presión de descarga, presión de succión para diferentes caudales.
- 6.3. Determinación del HEAD de la bomba centrífuga.
- 6.4 Determinación de la potencia hidráulica y eléctrica.

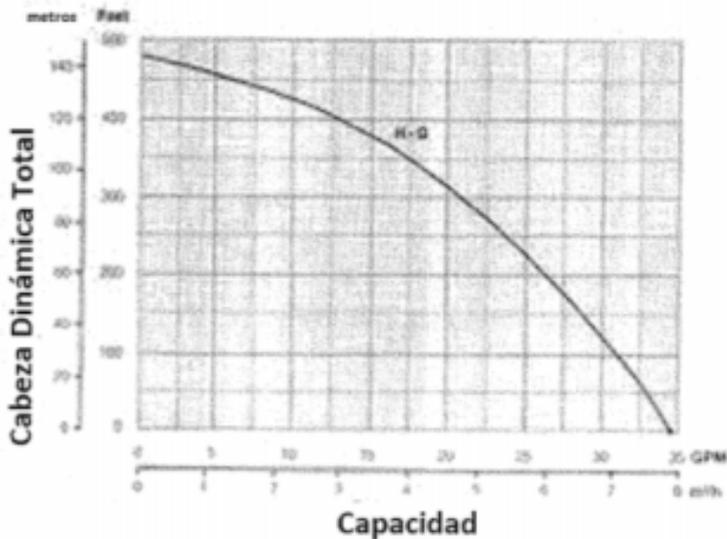
## 7. Cálculos (tabla de datos)

Rellenar la tabla 1 presentada con los cálculos correspondientes de variación de presión y finalmente determinar el head de la bomba centrífuga expresada en metros.

### LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS I

#### Laboratorio N° 2 BOMBAS

Con los datos obtenidos en las pruebas con la bomba P-1; confeccionar las dos curvas Q-H para las dos velocidades.



## 8. Resultados

.....

.....

.....

.....

.....

## 9. Conclusiones

¿Cómo cambia el head de la bomba con el aumento del caudal?

.....  
.....

¿Cómo cambia la presión de succión y descarga con el aumento del caudal?

.....  
.....

¿Cómo cambia la potencia hidráulica con el aumento del caudal?

.....  
.....

## 10. Sugerencias y/o recomendaciones

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## Referencias bibliográficas

ROCHA, A. (2007). *Hidráulica de tuberías y canales*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

BIRD, R. B.; STEWART, W. E. y LIGHFOOT, E. N. (1997). *Fenómenos de transporte*. Barcelona: Editorial Reverté.

